

ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТАЛИ 3Х2В8Ф

А.Р. Раднаев В.И. Мосоров, А.М. Гурьев

В последнее время для улучшения структуры сталей и повышения их механических свойств разрабатываются различные виды термической обработки металлов, основанные на использовании циклических тепловых воздействий, получивших название термоциклической обработки (ТЦО) [1].

В отличие от других видов термической обработки структурные и фазовые превращения при ТЦО совершаются многократно при изменяющейся температуре нагрева-охлаждения. Необходимость многократного повторения обработки при заданных температурах, как правило, обусловлено стремлением накопить изменения, которые коренным образом улучшают качество изделий и придают им свойства, недостижимые при одноразовой термической обработке [2, 3]. Чаще всего, возникающие изменения от цикла к циклу связывают с изменениями, вызванными пластической деформацией. При ТЦО наклеп осуществляется в процессе термической обработки, но на этой основе разработаны и другие методы упрочнения сталей и сплавов, такие как механико-термическая обработка (МТО) [3, 4] и др. Основное отличие МТО от ТЦО в том, что при МТО предполагается предварительное механическое упрочнение (наклеп), после которого проводят термическую обработку.

При ТЦО сплавов, матрица которых претерпевает фазовые превращения (например, сплавы на основе железа) возникают значительные межфазные напряжения при повторных диффузионных превращениях, а также градиенты температур между отдельными элементами матрицы, которые приводят к увеличению центров превращения и, в итоге, к измельчению зерна [5]. Сплавы со сформированной таким образом структурой имеют повышенную ударную вязкость, высокую прочность и удовлетворительную пластичность.

В железоуглеродистых сплавах имеет место фазовое превращение, которое играет решающую роль в делении сетки карбидов и значительно упрощает ТЦО. Установлено [6,7,8], что ТЦО оказывает существенное влияние на структурное состояние карбидов. Из непрерывной сетки пластинчатого строения в результате ТЦО образуются изолированные дисперсные карбиды глобулярной формы, располагающиеся как по границам аустенитных зерен, так и внутри зерна.

Проведено опробование ТЦО и в качестве окончательной термической обработки для инструментальных сталей 5ХНМ и 4Х5МФС (штамповые стали для горячего объемного деформирования), а также стали Х12Ф1 (сталь для штампов холодного деформирования) [2]. Наиболее высокие значения ударной вязкости были получены после ТЦО в следующем режиме: первый нагрев на 50 – 100 градусов выше точки A_{c1} , после чего следует охлаждение в масле до комнатной температуры (первая закалка), затем повторный нагрев до температуры, на 30 градусов меньшей или равной температуре обычной закалки с последующим охлаждением в масле (вторая закалка). Проведение ТЦО в таком режиме обеспечивает твердость поверхности штампа, большую или равную твердости, получаемой после традиционной закалки. Соответствующий отпуск позволяет снизить твердость до требуемого значения.

Окончательная ТЦО дает возможность получить мелкоиглочатый мартенсит. После отпуска образуется также мелкозернистая структура, обеспечивающая высокий комплекс механических свойств стали.

Изучению возможностей применения ТЦО с целью улучшения структуры и механических свойств сталей, а, следовательно, и повышению работоспособности деталей машин и инструмента уделяется в последнее время большое внимание, как со стороны производства, так и со стороны науки. В результате разработан ряд новых технологий предварительной термоциклической обработки, имеются сведения и об использовании ТЦО в качестве окончательной термической обработки. Однако выбор режимов ТЦО до сих пор ведется эмпирическим путем, а недостатками этих технологий является то, что повышение пластичности стали не сопровождается необходимым высоким уровнем ее прочностных свойств, а также то, что все ранее известные способы достаточно длительны во времени и трудоемки в исполнении.

Отсутствие обоснованных представлений о механизме формирования комплекса оптимальных свойств в процессе ТЦО создало условия нерационального выбора и зачастую неэффективного использования потенциальных возможностей перспективного метода упрочнения сталей и сплавов.

Противоречивое понимание взаимного влияния различных параметров термоциклирования (температура в цикле, скорость нагрева и охлаждения, количество термоциклов и др.) создало предпосылки для применения широкого спектра способов ТЦО, отличающихся не только принципом воздействия на структуру (с полными фазовыми превращениями, с частичными или без таковых), но и самое главное, различающихся до 20–50 раз энергозатратами для получения необходимого результата.

В связи с этим разработка и внедрение новых более эффективных технологий упрочнения инструментальных сталей, повышающих качество готового инструмента и, в конечном итоге – эксплуатационную стойкость, обеспечивающую значительное снижение ресурса – и энергозатрат, направлены на теоретическое обоснование и решение научно-теоретической проблемы, имеющей важное народнохозяйственное значение.

Целью настоящей работы являлась разработка новой высокоэффективной технологии термического упрочнения инструментальных сталей для штампового инструмента на основе установления обобщенного механизма формирования их структуры и свойств в процессе окончательной термоциклической обработки.

В работе исследована возможность повышения механических свойств стали 3Х2В8Ф, в частности, предел прочности, твердость и другие характеристики за счет получения более мелкозернистой аустенитно-мартенситной структуры.

Для получения соответствующей структуры и улучшения уровня механических свойств стали использовали метод термоциклической обработки (ТЦО).

ТЦО проводили в нескольких печах с различной температурой, совмещая с закалкой и старением. Скорость нагрева и охлаждения заготовок по образцу – свидетелю.

Влияние ТЦО на механические свойства стали исследовали на заготовках с размером 100х15х15 с последующим изготовлением из них образцов на растяжение.

Испытания образцов на растяжение и измерение твердости производились на стандартном оборудовании. Определение величины зерна и изучение микроструктуры стали выполнялись на оптическом микроскопе.

Прочностные характеристики стали после ТЦО несколько повысились (15–20%) по сравнению с термической обработкой по стандартному режиму и с литым состоянием. Однако при ТЦО тенденция к снижению прочности при упрочнении незначительно отличается от значений этих свойств, принятой технологии обработки.

Результаты металлографического анализа обработанной стали подтверждают данные механических испытаний.

Структуры имеют значительные различия, как по зернистости, так и по наличию остаточного аустенита. Наиболее мелкозернистую структуру имеет сталь, обработанная по 3 режиму. В результате обработки по такому режиму получены значительное повышение прочности, относительного удлинения, сужения и твердости по сравнению с литым состоянием и обработанным по стандартному режиму.

Увеличение комплекса физико-механических свойств исследуемой стали связаны, по нашему мнению, с измельчением величины зерна с 1–2 балла до 5–6 баллов в результате термоциклирования, а также с уменьшением количества остаточного аустенита до 15–20%.

Литература

1. Федюкин В.К. Термоциклическая обработка сталей и чугунов. – Л.: Машиностроение, 1977. – 384 с.
2. Федюкин В.К., Смагоринский М.Е. Термоциклическая обработка металлов и деталей машин. – Л.: Машиностроение. Ленинград. отд-ние. 1989. – 255 с.
3. Термоциклическая обработка сталей, сплавов и композиционных материалов/ А.С. Тихонов, И.Г. Леушин и др. – М.: Наука, 1984. – 186 с.
4. Баранов А.А. Особенности фазовых и структурных превращений при ТЦО металлов// 11 Всесоюзная конф.: Закономерности формирования структуры сплавов эвтектического типа: - Днепропетровский, 1982. С. 5 – 6.
5. Биронт В.С., Носовцев Н.Г., Комендровская О.М. Термическая обработка доэвтектидной стали // там же. С. 68 – 71.
6. Рейнага Мартинес Марселино Разработка литой микрелегированной быстрорежущей стали Р6М5 на основе структурных исследований: Дисс. канд. техн. наук.- Минск. 1985.- 214 с.
7. А. С. 1102815 СССР. МКИ С 21 Д 9/ 22, 1/78. Способ термической обработки заэвтектидной стали / В.С. Биронт.
8. Гурьев А.М., Ворошнин Л.Г. и др. Способ термоциклической обработки инструментальных сталей // Патент №2078440, РФ, кл. С 21 Д 1/78 от 27.14.97.
9. Гурьев А.М., Кириенко А.М., Рубцов А.А. Способ термоциклической обработки углеродистых инструментальных сталей // Патент №2090629, РФ, кл. С21 Д 1/78 от 20.09.97.
10. Тофпенев Р.Л., Бельский С. Е., Шиманский И.И. Оптимизация режимов термоциклической обработки быстрорежущих сталей // Пути повышения эффективности использования материалов: Тез. докл. НТК.- Минск, 1983.- С. 35 – 37.
11. Гурьев А.М. Новые материалы и технологии для литых штампов. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2000. – 216 с.